쓰러짐과 탈립에 강한 녹색종피 유색콩 ‘중모3005호’

한원영 · 서정현* · 강범규 · 김현태 · 신상욱 · 김홍식 · 이영훈 · 이병원

하태정 · 서민정 · 백인열 · 고종민 · 광도연

농촌진흥청 국립식량과학원

Green Seed-Coat Colored Soybean Variety ‘Jungmo3005’ with Tolerance to Lodging and Shattering

Won Young Han, Jeong Hyun Seo*, Beom Kyu Kang, Hyun Tae Kim, Sang Ouk Shin, Hong Sik Kim,
Yeong Hoon Lee, Byoung Won Lee, Tae Joung Ha, Min Jung Seo, In Youl Baek,
Jong Min Ko, and Do Yeon Kwak

National Institute of Crop Science (NICS), RDA, Jeonju 55365, Korea

Abstract : A new colored soybean variety ‘Jungmo3005’ was developed as a breeding parent. ‘Cheongjakong’ and ‘Geomjeongkong3’ were crossed in 2000. F₁ and F₂ populations were grown for 2 years and selected by pedigree method from F₃ to F₅. The preliminary yield trial (PYT) and advanced yield trial (AYT) were conducted from 2006 to 2007, and regional yield trial (RYT) in 9 regions was conducted from 2008 to 2010. ‘Jungmo3005’ is determinate, white flower, green cotyledon, green spherical seed and yellow hilum. Flowering date and maturing date were July 30 and Oct. 7, respectively. Other quantitative characteristics of ‘Jungmo3005’ were similar to ‘Cheongdul’, but it was more tolerant to lodging and shattering than ‘Cheongdul’ at RYT field and indoor test. Although ‘Jungmo3005’ showed symptom of mosaic disease in inoculation test at greenhouse, it had high level of resistance to soybean mosaic virus and bacterial pustule diseases at field. The yield of tofu of ‘Jungmo3005’ was more than that of ‘Cheongdul’. The mean yield of ‘Jungmo3005’ in RYT was 256kg/10a which was 97% of the yield of ‘Cheongdul’. ‘Jungmo3005’ is expected to be widely used as a breeding parent to cross with other varieties and lines for creating colored soybean cultivars with tolerance to lodging, shattering and bacterial pustule.

Keywords : Soybean, Variety, Jungmo3005, Green cotyledon, Green seed coat

서 언

콩(*Glycine max* (L.) Merr.)은 고품질의 식물성 단백질 섭취원으로서 주로 우리나라를 포함한 아시아 국가에서 두부, 장류, 콩나물, 두유 등 다양한 형태로 가공되어 소비되고 있다. 우리나라 연간 콩 소비량은 약 147만톤이며, 이 중 식용콩 소비량은 약 43만톤이지만 국산콩 생산량은 10만톤에 불과하다(MAFRA 2016). 이는 국산콩의 가격경쟁력이 낮기 때문인데, 수입산 콩과의 경쟁에서 앞서려면 다양한 수요에 대비한 고품질의 콩 품종 개발이 필요하다. 최근에는 콩의 기능성에 대한 연구가 활발히

진행 중이며, 특히 검정콩 등 유색콩은 안토시아닌 색소, 이소플라본 등을 함유하고 있어 항암효과, 항산화작용, 항알레르기, 치매예방 등 각종 질병 예방에 효과가 있다고 알려져 있다(Kim et al. 2003, Lee et al. 2008, Hitoshi et al. 2013). 유색콩은 맛이 좋아 예로부터 밥밀용, 제과용 등으로 사용되어 왔으며 최근 건강 기능성에 대한 관심이 높아지고 소비가 늘어나면서 고품질 유색콩 품종 재배에 대한 수요가 증가되고 있다.

국내에서 유색콩의 품종개발은 1990년대 이후 ‘검정콩1호’(Kim et al. 1995)를 시작으로 자엽색이 황색인 검정콩 품종이 개발되었고, 재래종인 서리태를 개량한 ‘청자콩’(Baek et al. 2001)을 시작으로 자엽색이 녹색인 유색콩 품종이 본격적으로 개발되었다(Kang et al. 2010). 서리태는 우리나라에서 극만숙종인 검정콩을 말하는데 숙기가 길어 서리를 맞으며 자란다

*Corresponding Author (E-mail: next0501@korea.kr, Tel: +82-53-663-1111, Fax: +82-53-663-1101)

(Received on June 8, 2017. Accepted on July 4, 2017.)

fig. 1. Pedigree diagram of 'Jungmo3005', ²: Preliminary yield trial, ³: Advanced yield trial, ⁴: Regional yield trial.

하여 서리태라는 이름이 붙여졌으며, 당도가 높고 자엽색이 녹색인 특징을 가지고 있다. 소비자들은 이러한 녹자엽 유색콩에 대한 선호도가 높으며 이에 맞춰 다양한 유색콩 품종들이 개발되고 있다(Kim et al. 2006).

밥밀용으로서 유색콩은 종실이 크고 무름성이 좋으며 환원당 함량이 많아야 맛이 좋다고 하였으며(Baek et al. 2013), 밥밀용 외에도 떡소용, 두부, 장류 등 가공식품의 원료로서 유색콩이 사용되고 있으므로 이를 위한 가공적성 검토가 필요하다(Kim et al. 2006).

일반적으로 유색콩의 재배적 특성은 일반콩에 비하여 쓰러짐, 탈립, 병해 등에 약하며 만숙종의 도입으로 숙기가 느린 편이다. 이러한 재배적 불리함은 농가 수량에 직접적인 영향을 미치며 유색콩의 생산과 소비 확대를 저해하는 요인이 되고 있다. 특히 쓰러짐과 탈립은 콩 수확기 수량손실에 대한 주 요인이 되며(Kang et al. 2009, Saitoh et al. 2012), 추후 기계수확을 위한 콩 품종개발을 위하여 반드시 개량되어야 한다.

이에 농촌진흥청 국립식량과학원에서는 내도복, 내탈립이면서 불마름병에 강하여 재배적 특성이 우수하고 종실에 배꼽색이 황색이므로 외관품질이 우수한 유색콩 품종인 '중모3005호'를 개발하여 그 육성과정과 주요특성에 대해 소개하고자 한다.

재료 및 방법

육성과정

'중모3005호'는 종자가 크고 다수성이면서 기능성 식품 소재

로 이용하기 위한 품종육성을 목표로 하여 '청자콩'을 모본으로 '검정콩3호'를 부본으로 2000년에 인공교배하여 '01~'02년도에 F₁, F₂ 세대를 양성하고, F₃부터 계통육종법으로 선발한 YS1396-2B-1-3-1-1-2 계통이다. '06~'07년도에 실시한 생산력검정시험에서 불마름병 등에 강하고 녹자엽으로 유망시되어 '밀양197호'의 계통명을 부여한 후 '08~'10년 3년 동안 지역적응시험을 실시한 결과, 중대립종으로 녹색자엽 및 녹색종피를 가지고 성숙기가 10월 초순경인 중만생종이다. 2010년 12월 농작물직무육성신품종선정위원회에서 중간모본으로서 가치가 인정되어 '중모3005호'로 명명하였다(Fig 1).

생산력검정시험

2006년 생산력검정예비시험(PYT, Preliminary Yield Trial), 2007년 생산력검정본시험(AYT, Advanced Yield Trial)을 수행하였다. 생산력검정예비시험은 시험구 면적 8.4m², 재식거리 70×15cm, 1주2본으로 재배되고 난괴법 2반복으로 배치하였다. 생산력검정본시험은 시험구 면적 11.2m², 재식거리 70×15cm, 1주2본으로 재배되고 난괴법 3반복으로 배치하였다. 생육특성과 수량성은 농업과학기술 연구조사분석기준에 따라 조사하였다(RDA 2012).

지역적응시험

지역적응시험(RYT, Regional Yield Trial)은 수원, 춘천, 연천, 대구, 김제, 예산, 밀양, 칠곡, 제주 등 9개 지역에서 2008년부터 2010년까지 3년 간 수행되었다. 재배방법은 시험구 면적

Table 1. Qualitative characteristics of ‘Jungmo3005’.

Cultivar	Growth habit	Leaflet shape	Flower color	Pubescence Color	Seed coat color	Hilum color	Seed shape
Jungmo3005	Determinate	Oval	White	Brown	Green	Yellow	Spherical
Cheongdu1	Determinate	Oval	White	Brown	Green	Black	Spherical

11.2m², 재식거리 70×15cm, 1주2본으로 재배되고 대구와 수원 지역은 난괴법 4반복으로 배치하였으며 이외 지역은 난괴법 3반복으로 배치하였다. 파종기는 6월 중순이며 농업과학기술 연구조사분석기준에 따라 생육특성 및 수량성을 조사하고, 대비 품종인 ‘청두1호’와 비교하였다.

내병성 검정

병해 검정을 위해 5월 상순에 검정포장에 파종하여 콩모자이크바이러스와 불마름병의 자연 이병률을 조사하였다. 콩모자이크바이러스 저항성 검정을 위해 각 시험 전년도에 접종 및 증식한 후 저온 보관해둔 콩모자이크바이러스 G5 (Lim et al. 2003), G6H (Seo et al. 2009), G7H (Kim et al. 2003) 균계를 지닌 잎을 마쇄하여 2mole 농도의 인산 나트륨 버퍼에 녹인 후 즙액을 만들고, 온실에서 초생엽 전개시 Carborandom을 이용하여 잎 표면에 상처를 낸 후 접종하였다. 접종 2주 경과 후 접종한 하위엽을, 10일 뒤 접종한 상위 엽을 병반 없음 (-), 갈색 병반 (L), 엽맥 병반 (V), 모자이크 증상 (M), 고사 (N) 등 5 가지 병징으로 구분하고 조사하였다. 불마름병 저항성 검정을 위해 8ra를 증식하여 증류수에 희석하여 OD값 0.2-0.3으로 농도를 맞추어 제2본엽기에 충분히 분무 접종하고 습식처리 하였다. 균주 접종 후 10일이 경과하고 2회에 걸쳐 잎에 나타난 병징 발현 정도를 조사하였다.

내도복성 및 내탈립성 검정

내도복성 검정을 위해 2 수준의 70 × 15cm(표준)와 70 × 7.5cm(2배 밀식)를 설정하고 난괴법 2반복으로 배치하여 도복 정도를 조사하였다. 도복 정도는 성숙기에 45° 이상 기울어진 개체의 비율로 등급화(0: 없음, 1: 5% 이하, 3: 6~10%, 5: 11~50%, 7: 51~75%, 9: 76% 이상)하였다. 반복 및 연차간 도복 정도 등급을 평균하여 반올림 후 0-9로 최종등급을 표시하였다. 협개열성 정도는 내도복성 검정 시험구에서 각 계통별 꼬투리 30개를 성숙기에 채취하여 40℃ 건조기에 48시간 건조한 후 꼬투리의 개열 정도를 조사하였다.

품질 분석

단백질 함량은 질소 분석기(Elementar Analysen system, US/RapidN111, Germany)를 이용하여 분석하였으며 지방 함량은 자동유지추출장치(Soxhlet System: BUCHI Labortechnik, B-811, AG, Switzerland)에 넣고 n-hexane으로 3시간 열수 추출한 후 지방 함량을 구하였다.

이소플라본 성분 함량 분석을 위해 분쇄한 시료 1.0g을 50% methanol 용액 20 mL에 12시간 실온에서 교반한 뒤 추출액을 여과지(Whatman NO. 2)를 이용하여 여과하였다. 여과된 시료는 다시 HPLC 분석을 위해 0.2μm 필터를 하였다. 이소플라본 분석은 액체크로마토그래피(Agilent, 1100, USA)로 분석하였다.

수분흡수율은 건조 종자 50립의 무게를 잴 후 상온의 물에 침종하여 2, 6, 12시간 후 무게를 각각 측정하여 구하였으며((침종후 종자무게-침종전 종자무게)/침종전 종자무게 × 100%), 12시간 후 부풀지 않은 종자 수를 세어 경실종자 비율을 구하였다.

두부 가공적성 평가

두부 가공을 위해 원료콩 150g을 10℃에서 15시간 침지시킨 후 가수량을 10배로 하여 3분간 두부제조기(㈜코코, 코코두부제조기-8800)에 마쇄하고, 여과포에 넣어 압착여과기로 압착(3psi)하여 두유를 얻었다. 두유를 스테인레스 용기(Φ15×30 cm)에 담아 가압솥에서 98~100℃로 10분간 가열한 후, 85℃로 유지시키면서 CaSO를 2% 첨가하고, 20분간 그대로 정치하여 응고시켰다. 응고물은 두부 성형틀에 넣고(12×10×4 cm) 압착 성형하였고, 압착된 두부를 15℃ 정도의 물에 2시간 정도 수침시킨 후 완성된 두부를 시료로 사용하여 물성 · 색차 및 수율을 조사하였다.

결과 및 고찰

고유특성 및 생육특성

‘중모3005호’는 유한신육형 초형으로 꽃색은 백색, 엽형은 난형, 모용색은 갈색, 협색은 갈색, 종실은 구형이며 종피색은 녹색이다(Table 1). 배꼽색은 황색으로 검은색 배꼽을 가진 청두

fig. 2. Pictures of 'Jungmo3005' in the comparison of hilum color (left) and cultivation in the field (right).

Table 2. Mean values of quantitative characteristics of 'Jungmo3005' in the regional yield trial from 2008 to 2010.

Cultivar	Flowering Date (Month. Day)	Maturity Date (Month. Day)	Height (cm)	No. of nodes	No. of branches	No. of pods	100-seed weight (g)	Lodging at field (0-9) ^z		Shattering	
								Normal culture	Dense culture	Field (0-9) ^x	Ratio by Oven test(%)
Jungmo3005	7.30	10.7	66	14	2.0	33	24.3	2	4	2	0
Cheongdul1	7.27	10.8	67	14	2.2	38	24.2	2	9	3	30.0
t-value ^y	-	-	-0.31 ^{ns}	1.04 ^{ns}	-0.58 ^{ns}	-1.25 ^{ns}	0.18 ^{ns}	-	-	-	-

^z: (0) Tolerant ~ (9) Susceptible, ^x: (0) No shattering ~ (9) Easy to shattering

^y: ns is not significantly different between 'Jungmo3005' and 'Cheongdul1' by student t-test

Table 3. The resistance of 'Jungmo3005' to the diseases of soybean evaluated from 2008 to 2010.

Cultivar	Bacterial Pustule (0-9) ^z		Soybean Mosaic Virus ^y				Root rot (%) ^x	Percentages of damaged seed (%) ^x	
	Field	Inoculation	Inoculation			Field(0-9) ^z		Purple seed stain	Phomopsis
			G5	G6H	G7H				
Jungmo3005	1	2	- / M	L / M	- / M	0	5.3	0.2	0.4
Cheongdu1	0	2	- / -	- / -	- / -	0	2.3	0.6	0.1

^z: (0) Tolerant~(9) Susceptible

^y: Reaction of inoculated leaf/upper leaves, (-) No symptom, (L) Local reaction, (M) Mosaic

^x: Root rot and damaged seed that were naturally infected in the field were estimated

1호와는 차이가 있으며(Fig. 2), 자엽색이 녹색으로 소비자의 기호에 알맞은 특징을 가지고 있다. 개화기는 7월 30일, 성숙기는 10월 7일인 중만생종이다. 경장, 마디수, 협수는 각각 66cm, 14개, 33개로 비교 품종인 청두1호와 비슷하였으며, 100립중이 24.3g인 중립종이다(Table 2).

내도복 · 내탈립 및 내병충성

‘중모3005호’는 시험 포장에서 도복 정도가 2로 평가되어 ‘청두1호’와 같이 강하였으며, 밀식 검정포장에서는 4로 평가되어 ‘청두1호’(9)보다 도복에 강한 것으로 나타났다. 협개열성 정도는 포장에서 2로 평가되고 실내검정에서 0%로 측정되어

‘청두1호’(30%)보다 탈립에 강하였다(Table 2).

콩모자이크바이러스병에 대한 실내 유묘검정 결과 모자이크 병징을 보였으나, 외부 시험포장에서는 모자이크 병징이 없었고 괴저 증상도 나타나지 않았다. 불마름병 발생 조사 결과 유묘접종 검정 및 포장 반응에서 각각 2와 1로 평가되어 ‘청두1호’와 같이 불마름병에 강하였다. 검은뿌리썩음병 발병주율은 5.3%로 ‘청두1호’(2.3%)보다 다소 높았으나, 종실 이병립률은 자반병 0.2%, 미이라병 0.4%로 ‘청두1호’와 비슷하였다(Table 3).

종신품질 및 가공적성

‘중모3005호’의 조단백질 함량은 45.4%로 ‘청두1호’보다

Table 4. Seed quality-related characteristics of 'Jungmo3005' evaluated from 2008 to 2010.

Cultivar	Crude Protein (%)	Crude Oil (%)	Hard seed ratio (%)	Ratio of water absorption (%)			Isoflavone ($\mu\text{g/g}$)			
				2hr	6hr	12hr	Daidzein	Glycitein	Genistein	Total
Jungmo3005	45.4	18.7	0	40	101	123	502	202	968	1,672
Cheongdul	40.7	19.3	0	43	99	122	520	332	972	1,824
t-value ^z	1.96 ^{ns}	-0.24 ^{ns}	-	-	-	-	-0.22 ^{ns}	-12.2 ^{**}	0.006 ^{ns}	-0.37 ^{ns}

^z: ns denotes not significant, **was significantly different between 'Jungmo3005' and 'Cheongdul' at 0.01 by student t-test

Table 5. Tofu processing quality-related characteristics of 'Jungmo3005'.

Cultivar	Tofu yield (%)	Bean curd residue (%)	Color value ^z			Physical property of tofu				
			L	a	b	Springiness	Gumminess	Cohesiveness	Chewiness	Hardness (g/3.14mm ²)
Jungmo3005	234	212	76.2	-2.8	15.5	0.9	1,277	-1.1	1,178	1,594
Cheongdul	218	213	78.2	-4.69	20.8	0.9	1,457	-30.2	1,299	1,854

^z: (L) lightness, (a) green~red, (b) blue~yellow

Table 6. Yield of 'Jungmo3005' in the preliminary and advanced yield trials in Daegu.

Cultivar	Yield (Ton/ha)			Index ^x
	PYT('06) ^z	AYT('07) ^y	Mean	
Jungmo3005	255	190	223	108
Cheongjakong	240	173	207	100
t-value ^w	-	1.10 ^{ns}	0.34 ^{ns}	-

^z: (PYT) preliminary yield trial

^y: (AYT) advanced yield trial

^x: (Index) mean yield of cultivar/mean yield of 'Cheongjakong' $\times 100$

^w: ns denotes not significantly different between Jungmo3005 and Cheongjakong at 0.05 by student t-test

4.7% 높았고, 조지방 함량은 18.7%로 0.6% 낮았지만 이에 대한 통계적 유의성은 없었다. 수분흡수율은 12시간 123%로 '청두1호'(122%)와 비슷하였고, 경실종자는 없었다. 이소플라본 함량은 Daidzein, Glycitein, Genistein 성분에서 각각 502, 202, 968 $\mu\text{g/g}$ 이었고, 총 함량은 1,672 $\mu\text{g/g}$ 으로 '청두1호'(1,824 $\mu\text{g/g}$)와 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, Glycitein 함량은 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(Table 4).

'중모3005호'의 두부 가공적성 평가 결과 두부수율은 234%로 청두1호(218%)에 비해 높았고, 비지수율은 212%이었다. 두부의 색차는 밝기(L)가 76.2, 초록~빨강(a) 값이 -2.8, 파랑~노랑(b) 값이 15.5로 '청두1호'에 비하여 다소 어두운 녹색이었다. 두부의 물성에 대한 측정 결과 탄력성 0.9, 겹섬성 1,277, 응집성 -1.1, 씹힘성 1,178, 경도 1,594로 '청두1호'와 차이가 있었다(Table 5).

수량성

'중모3005호'는 '06~'07년 2년 간 생산력검정시험에서 223kg/10a의 수량성을 나타내어 표준품종인 청자콩에 비해 8% 증수하였다(Table 6). '08~'10년 3년 간 지역적응시험 결과 전국 9개소 평균 254kg/10a로 '청두1호'(262kg/10a)의 97% 수준의 수량성을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 7).

재배상의 유의점

적정 파종기는 단작지대에서 5월 하순에서 6월 상순경이며, 2모작 지대에서는 6월 중하순경이다. 경사지 및 척박지에서 재배 시에는 초기생육 증진에 유의해야 하고, 수량성 확보를 위하여 개화기 및 착형기 등의 시기에 충분한 관수가 필요하다.

Table 7. Yield of ‘Jungmo3005’ in the regional yield trials at 9 locations.

Location	Jungmo3005					Cheongdul			
	2008	2009	2010	Mean	Index ^z	2008	2009	2010	Mean
Suwon	223	336	214	258	96	261	320	226	269
Chuncheon	204	293	198	232	106	190	258	210	219
Yeoncheon	-	238	202	220	100	-	261	179	220
Dalseong	245	-	-	245	91	269	-	-	269
Gimje	150	-	-	150	72	209	-	-	209
Yesan	245	349	194	263	103	224	325	217	255
Miryang	-	285	288	287	101	-	296	274	285
Chilgok	-	318	311	315	88	-	390	324	357
Jeju	279	-	-	279	98	286	-	-	286
Mean	224	303	235	254	97	240	308	238	262
t-value ^y	-0.44 ^{ns}								

^z: (Index) mean yield of ‘Jungmo3005’ / mean yield of ‘Cheongdul’ × 100

^y: ns denotes not significantly different between ‘Jungmo3005’ and ‘Cheongdul’ at 0.05 by student t-test

적 요

‘중모3005호’는 종자가 크고 다수성이면서 기능성 식품소재로 활용하기 위한 품종육성을 목표로 2000년에 ‘청자콩’을 모본으로 ‘검정콩3호’를 부분으로 교배하여 계통육종법에 의해 선발되었다. ‘06~’07년도에 실시한 생산력검정시험에서는 불마름병 등에 강하고 녹자엽으로 유망시되어 ‘밀양197호’의 계통명을 부여하였고, ‘08~’10년 3년 간 9개소에서 수행한 지역적응시험 결과 중대립종으로 녹색자엽 녹색종피 및 불마름병에 저항성인 중간모본으로서 유망하여 ‘중모3005호’로 명명되었다.

‘중모3005호’는 유한신육형, 화색이 백색, 제색은 황색, 종피와 자엽색은 녹색이면서 구형인 유색콩 품종이다. 개화기는 7월 30일, 성숙기는 10월7일로 빠르며, 경장, 주경절수, 협수, 100립 중 등 생육특성은 비교품종인 ‘청두1호’와 유사하다. 도복과 탈립 정도는 시험포장과 밀식 검정포장에서 ‘청두1호’에 비하여 내성이 강한 것으로 나타났다. 콩모자이크바이러스 저항성 검정 결과 ‘중모3005호’의 유묘 접종에서는 모자이크 병징을 보였으나, 불마름병에 대한 유묘 접종과 포장 자연감염 조건에서는 저항성을 보였다. ‘중모3005호’는 12시간 침종 후 경실종자가 없었으며, 두부가공적성 검정 결과 ‘청두1호’에 비해 ‘중모3005호’는 수율이 높았으며, 다소 어두운 색을 보였고 경도가 낮아 무른 특성을 나타내었다. 수량성은 전국 9개 지역 평균 254kg/10a로 청두1호의 97% 수준이었다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제명: 콩 전통식품 가공적성 신품종 육성, 과제번호: PJ01122503)의 지원에 의해 수행되었다.

REFERENCES

1. Baek IY, Kang ST, Shin DC, Choung MG, Han WY, Kwack YH, Moon HP. 2001. A New Black Soybean Variety with Green Cotyledon, Early Maturity and Large Seed Size ‘Cheongjakong’. Korean J. Breed. Sci. 33(3): 250~241.
2. Baek IY, Han YW, Ko JM, Kim HT, Jeon MG, Park KY, Lee BW, Lee YG, Ha TJ, Shim HS, Moon JK, Oh KW, Kang ST, Cho SK, Yun HT, Lee SS, Son CK. 2013. A New Black Seed Coat Soybean Cultivar, ‘Socheong 2’ with Green Cotyledon and Small Seed Size. Korean J. Crop Sci. 45(1): 55-60.
3. Hitoshi A, Zhang T, Kawabata K, Kitano R. 2013. Preventive Effects of Black soybean Seed Coat Polyphenols against DNA damage in *Salmonella typhimurium*. Food Sci. Technol. Res. 19(4): 685-690.
4. Kang ST, Kwak MH, Kim HK, Choung MG, Han WY, Baek IY, Kim MY, Van KJ, Lee SH. 2009. Population-specific QTLs and their different epistatic

- interactions for pod dehiscence in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Euphytica* 166: 15-24.
5. Kang ST, Seo MJ, Moon JK, Yun HT, Lee YH, Kim SJ, Hwang YS, Lee SK, Choung MG. 2010. Introduction of Stay Green Mutant for the Development of Black Seed Coat and Green Cotyledon Soybean Variety. *Korean J. Crop Sci.* 55(3): 187-194.
 6. Kim YH, Kim OS, Lee BC, Moon JK, Lee SC, Lee JY. 2003. G7H, a New soybean mosaic virus strain: its virulence and nucleotide sequence of ci gene. *Plant Dis.* 87: 1372-1375.
 7. Kim YH, Lee JH, Lee YS, Yun HT. 2006. Antioxidant activity and extraction efficiency of anthocyanin pigments in black soybean. *Korean Soybean Digest.* 23(1): 1-9.
 8. Kim YS, Kim SD, Hong EH, Lee SH, Seung YK, Kim YH, Park KY, Ryu YH, Choi KJ. 1995. A Black Seed Coat, Large Seed Size and High Yielding Soybean Variety for Cooking with Rice 'Geomjeongkong 1'. *RDA. J. Agri. Sci.* 37(2): 135-138.
 9. Lee SK, Kim YH, Kim DS, Woo SS, Kim HH, Lee YS, Kim HS, Ko KO. 2008. Antioxidant Activity and Cytotoxicity on Human Cancer Cells of Anthocyanin Extracted from Black Soybean. *Korean J. Crop Sci.* 53(4): 407-412.
 10. Lim WS, Kim YH, Kim KH. 2003. Complete genome sequences of the genomic RNA of Soybean mosaic virus strains G7H and G5. *Plant Pathol. J.* 19: 171-176.
 11. MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). 2016. Agriculture, Food and Rural Affairs Statistics. MAFRA, Sejong, Korea. pp. 289.
 12. RDA (Rural Development Administration). 2012. Agricultural science technology standards for investigation of research. RDA, Jeonju, Korea.
 13. Saitoh K, Nishimura K, Kitahara T. 2012. Effect of lodging on Seed Yield of Field-Grown Soybean-Artificial Lodging and Lodging Preventing Treatments. *Jpn. J. Crop Sci.* 81: 27-32.
 14. Seo JK, Ohshima K, Lee HG, Son M, Choi HS, Lee SH, Sohn SH, Kim KH. 2009. Molecular variability and genetic structure of the population of soybean mosaic virus based on the analysis of complete genome sequence. *Virology.* 393: 91-103.